L'heuristique de la gravité quantique

Nicolae Sfetcu

13.02.2020

Sfetcu, Nicolae, «L'heuristique de la gravité quantique», SetThings (13février 2020), URL = https://www.telework.ro/fr/lheuristique-de-la-gravite-quantique/

Email:nicolae@sfetcu.com

Cet article est sous licence Creative Commons Attribution-NoDerivatives 4.0 International. Pour voir une copie de cette licence, visitez http://creativecommons.org/licenses/by-nd/4.0/

Une traduction partielle de
Sfetcu, Nicolae, "Epistemologiagravitațieiexperimentale – Raționalitateaștiințifică", SetThings (1 august 2019), MultiMedia Publishing (ed.), ISBN: 978-606-033-234-3, DOI: 10.13140/RG.2.2.15421.61925, URL = https://www.telework.ro/ro/e-books/epistemologia-gravitatiei-experimentale-rationalitatea-stiintifica/

BIBLIOGRAPHIE 5

Dans le but de développer une solide théorie de la gravité quantique, il y a eu plusieurs programmes de recherche, dont certains sont tombés hors du temps en raison de la puissance heuristique plus élevée d'autres programmes. J. Butterfield distingue ainsi trois grands programmes de recherche :[1]

Le programme de particules établit comme entité de base le graviton, la quantité du champ gravitationnel. Graviton se propage dans un espace-temps de Minkowski et est associé à une représentation spécifique du groupe Poincaré à travers une masse nulle et un spin 0 ou 2. Mais ce programme présente de nombreux dysfonctionnements conceptuels.
Le programme des supercordes, une approche motivée par le succès de la transition de l'ancienne théorie non renormalisable des interactions faibles à la nouvelle unification renormalisable des forces faibles et électromagnétiques trouvée par Salam, Glashow et Weinberg. L'idée était d'ajouter des champs de matière de la relativité générale pour éliminer le problème d'UV. Ainsi est apparue la théorie de la supergravité qui, après quelques succès mineurs, est arrivée à la conclusion qu'elle ne résout pas les divergences, mais sa ligne de pensée est actuellement poursuivie par la théorie des supercordes, qui est le programme de recherche dominant en gravité quantique. Le programme n'est pas encore arrivé à maturité. Du point de vue de la réponse offerte aux aspects conceptuels, le programme des supercordes est similaire à bien des égards au programme des particules.

Le programme de gravité quantique canonique a commencé avec la théorie Wheeler-DeWitt. Plus tard est venu le programme d'Ashtekar qui utilise l'équation Wheeler-DeWitt[2], à l'aide d'un ensemble de variables canoniques qui produisent une simplification de la structure des fonctions de contrainte centrales, et est toujours un programme très actif, avec des développements impressionnants ces dernières années.

Les trois programmes sont similaires dans le sens où leur principal moyen d'aller au-delà du traitement commun de l'espace-temps est de quantifier une quantité qui est un type standard de variable en physique classique.

Il existe trois problèmes majeurs dans la conception d'une théorie de la gravité quantique: la théorie quantique et la relativité générale présentent en elles-mêmes des problèmes conceptuels importants, les bases fondamentales disparates des deux théories génèrent de nouveaux problèmes majeurs en essayant de les combiner, et le contraste entre l'absence d'une théorie de la gravité quantique satisfaisante et des théories des ingrédients réussis soulèvent des questions sur la nature et la fonction de la discussion philosophique de la gravité quantique.

---

[1]Jeremy Butterfield et Chris Isham, « Spacetime and the Philosophical Challenge of Quantum Gravity », in *Physics Meets Philosophy at the Panck Scale* (Cambridge University Press, 2001).

[2]Bryce S. DeWitt, « Quantum Theory of Gravity. I. The Canonical Theory », *Physical Review* 160, nº 5 (25 août 1967): 160 (5): 1113–1148, https://doi.org/10.1103/PhysRev.160.1113.

Selon Laudan, la théorie préférée est celle qui maximise les succès empiriques, tout en réduisant les passifs conceptuels, et la tradition de recherche préférée est celle qui soutient les théories les plus réussies.

Selon Péter Szegedi, l'histoire des interprétations de la mécanique quantique correspond très bien à la méthodologie de Lakatos de programmes de recherche scientifique rivaux, par rapport à celle de Kuhn qui ne permet pas l'existence simultanée de différents paradigmes rivaux.[3][4] Il s'ensuit que le développement de la mécanique quantique lui-même est un développement, une évolution de problèmes progressifs, s'il est progressif à la fois théoriquement et empiriquement. Les interprétations de la mécanique quantique peuvent être organisées comme une série de théories, entraînant une progressivité théorique, mais la progressivité empirique est difficile à évaluer. Ainsi, selon les critères, les programmes d'interprétation peuvent être scientifiques, mais ils sont dégénératifs, respectivement ils se caractérisent par une stagnation. L'évaluation peut changer à l'avenir, étant un programme à long terme : « De plus, il arrive parfois que, lorsqu'un programme de recherche atteint une phase dégénérative, une petite révolution ou un changement créatif dans son heuristique positif peut la repousser. »[5]

Il est possible qu'un programme dégénéré soit relancé, ou même considéré comme réussi s'il fournit des résultats utiles pour d'autres programmes.[6]

Péter Szegedi distingue, dans le cas de diverses interprétations quantiques, un noyau dur et une adaptation heuristique aux problèmes qui se sont posés[7]. Ainsi dans le programme de Louis de Broglie, la synthèse des images onde-particule est le noyau dur, tandis que les formes réelles de réalisation dans l'ordre d'apparition (heuristique positive) sont les suivantes : le principe de la double solution, la théorie des ondes pilotes, l'hypothèse de non-linéarité et la thermodynamique cachée. Dans le cas de David Bohm, le noyau dur est la théorie des variables cachées et du potentiel quantique, à laquelle à un moment il a ajouté l'hypothèse de la stochasticité. Vigier a utilisé le même noyau dur, mais avec une hypothèse supplémentaire sur l'hypothèse des degrés de liberté cachés. Il existe d'autres programmes dans les

---

[3]PéterSzegedi, « Lakatos On Crucial Experiments And The History Of Interpretations Of Quantum Mechanics », in *Appraising Lakatos: Mathematics, Methodology and the Man*, éd. par G. Kampis, L. :Kvasz, et M. Stöltzner (Kluwer Academic Publishers, 2002), 1–101.

[4]Imre Lakatos, *The Methodology of Scientific Research Programmes: Volume 1: Philosophical Papers* (Cambridge University Press, 1980), 33-34.

[5]Lakatos, 51.

[6]H. Zandvoort, Paul Weingartner, et Methology and Philosophy of Science International Congress of Logic, *Intrinsic Success and Extrinsic Success of Research Programs, in 7th International Congress of Logic, Methodology and Philosophy of Science: Salzburg, July 11th-16th, 1983 Vol. 4, Vol. 4,* (Salzburg: Huttegger, 1983), 289-92.

[7]Szegedi, « Lakatos On Crucial Experiments And The History Of Interpretations Of Quantum Mechanics ».

interprétations de la mécanique quantique. Dans le programme de recherche Fényes-Nelson-de Peňa, la stochasticité n'est pas une hypothèse supplémentaire, mais un noyau dur, où l'heuristique positive a forcé l'utilisation initiale des processus de diffusion, puis le mouvement brownien et, enfin, l'électrodynamique stochastique. Les heuristiques positives de ces programmes sont différentes, mais elles sont généralement utilisées par l'approche relativiste, le principe du déterminisme ou de la causalité et le principe de l'unité de la nature. Dans l'interprétation orthodoxe, selon Cushing, le noyau dur se compose de relations de commutation canoniques et équations hamiltoniennes de mouvement, et l'heuristique positive s'applique aux formes classiques des hamiltoniens pour des systèmes spécifiques, au principe de correspondance et au principe des observables ; comme hypothèse auxiliaire, le rapport opérateur-observateur a été utilisé. Lakatos dit à propos de ce programme :

> « Dans la nouvelle théorie quantique postérieure à 1925, la position « anarchiste » est devenue dominante et la physique quantique moderne, dans son interprétation de Copenhague, est devenue l'un des principaux porte-étendards de l'obscurantisme philosophique. Dans la nouvelle théorie, le principe de la « complémentarité » a incorporé l'incohérence. [faible] en tant que caractéristique fondamentale de la nature et a combiné le positivisme subjectiviste et la philosophie dialectique antilogique et même le langage ordinaire en une seule alliance malsaine. Après 1925, Bohr et ses associés ont introduit un déclin nouveau et sans précédent des normes critiques pour les théories scientifiques, ce qui a conduit à une défaite de la raison dans la physique moderne et à un culte anarchiste d'un chaos incompréhensible. »[8]

Les expériences cruciales en mécanique quantique commencent, pour Lakatos, par une expérience gedanken, l'expérience Einstein-Podolsky-Rosen[9]. Les commentateurs distinguent (au moins) cinq hypothèses ici: le principe de réalisme, la validité du formalisme de la mécanique quantique, l'hypothèse de complétude, le principe de séparabilité et la validité de la logique classique. Selon l'argument EPR, l'une des cinq hypothèses est fausse. La prochaine étape a été prise par Bohm, qui a reformulé l'expérience gedanken avec des spins[10], mais sans paraître une autre expérience cruciale car il n'a pas été déclaré que différentes théories offrent des résultats de mesure différents.

Le travail de John Bell a donné l'espoir que des tests expérimentaux d'interprétations sont possibles[11], soulignant qu'il doit y avoir des différences entre les prédictions mécaniques quantiques et cachées. Il a supposé que dans une expérience réelle, nous pouvions mesurer les probabilités. L'inégalité de Bell était encore plus proche des conditions réelles d'une expérience facile à gérer.

---

[8]Lakatos, *The Methodology of Scientific Research Programmes*, 59-60.

[9]A. Einstein, B. Podolsky, et N. Rosen, « Can Quantum-Mechanical Description of Physical Reality Be Considered Complete? », *Physical Review* 47, nº 10 (15 mai 1935): 770-80, https://doi.org/10.1103/PhysRev.47.777.

[10]David Bohm, *Quantum Theory*, Revised ed. edition (New York: Dover Publications, 1989).

[11]J. S. Bell, « On the Einstein Podolsky Rosen paradox », *Physics Physique Fizika* 1, nº 3 (1 novembre 1964): 447, https://doi.org/10.1103/PhysicsPhysiqueFizika.1.195.

Bibliographie

Bell, J. S. « On the Einstein Podolsky Rosen paradox ». *Physics Physique Fizika* 1, nº 3 (1 novembre 1964): 195-200. https://doi.org/10.1103/PhysicsPhysiqueFizika.1.195.

Bohm, David. *Quantum Theory*. Revised ed. edition. New York: Dover Publications, 1989.

Butterfield, Jeremy, et Chris Isham. « Spacetime and the Philosophical Challenge of Quantum Gravity ». In *Physics Meets Philosophy at the Panck Scale*. Cambridge University Press, 2001.

DeWitt, Bryce S. « Quantum Theory of Gravity. I. The Canonical Theory ». *Physical Review* 160, nº 5 (25 août 1967): 1113-48. https://doi.org/10.1103/PhysRev.160.1113.

Einstein, A., B. Podolsky, et N. Rosen. « Can Quantum-Mechanical Description of Physical Reality Be Considered Complete? » *Physical Review* 47, nº 10 (15 mai 1935): 777-80. https://doi.org/10.1103/PhysRev.47.777.

Lakatos, Imre. *The Methodology of Scientific Research Programmes: Volume 1: Philosophical Papers*. Cambridge University Press, 1980.

Szegedi, Péter. « Lakatos On Crucial Experiments And The History Of Interpretations Of Quantum Mechanics ». In *Appraising Lakatos: Mathematics, Methodology and the Man*, édité par G. Kampis, L. :Kvasz, et M. Stöltzner, 1–101. Kluwer Academic Publishers, 2002.

Zandvoort, H., Paul Weingartner, et Methology and Philosophy of Science International Congress of Logic. *Intrinsic Success and Extrinsic Success of Research Programs, in 7th International Congress of Logic, Methodology and Philosophy of Science: Salzburg, July 11th-16th, 1983 Vol. 4, Vol. 4,*. Salzburg: Huttegger, 1983.